

구강 호흡이 뇌기능에 미치는 영향에 관한 EEG 연구

EEG Study for the Effects of Mouth Breathing on Brain Functions

이경진* · 이송이** · 박소영* · 장소라*** · 강창기****†

Kyung-Jin Lee* · Song-Yi Lee** · So-Young Park* · So-Ra Jang*** · Chang-Ki Kang****†

*가천대학교 보건과학대학 의용생체공학과

*Department of Biomedical Engineering, College of Health Science, Gachon University

**용인한국외국어대학교부설고등학교

**Hankuk Academy of Foreign Studies

***가천대학교 보건과학대학 방사선학과

***Department of Radiological Science, College of Health Science, Gachon University

Abstract

In this study, we investigated the effects of mouth breathing on brain activity through electroencephalogram (EEG). EEG was performed on 12 healthy volunteers of age ranging from 21 to 27 years (male: female = 6:6, non-smoker). Brain waves on resting state (Rest_N/Rest_M) and auditory-language stimuli state (Eng_N/Eng_M) were recorded during mouth and nose breathing. Four different regions (R1~R4) were classified based on the brain functionality. And each channel (e.g., Pfl and Pf2) and frequency (α , β , γ , and Θ) were analyzed using their absolute power ratios of fast Fourier transform (FFT). The results showed that there was no significant difference between Rest_N and Rest_M. Eng_N had significantly higher brain activity than Rest_N; on the other hand, there was no significant difference between Rest_M and Eng_M. These results demonstrate that mouth-breathing on resting state does not induce any significant effects on brain activity and/or functionality, even though it causes subtle temporary inconvenience. In addition to the uncomfot, the brain activity can be adversely influenced by mouth-breathing, which could lower the cognitive skills under certain circumstances.

Key words: EEG, Breathing, Oxygen, Brain function, Attention

요 약

본 연구는 구강 호흡이 뇌기능에 미치는 영향을 뇌전도(EEG : electroencephalogram)를 통해 관찰하고자 한다. 신체가 건강한 12명의 피험자(남성: 6명, 여성: 6명, 나이: 21~27, 비흡연자)는 뇌파를 측정하기 위해 두피에 전극을 부착한 상태로 휴지기 상태에서 비강(Rest_N) 및 구강 호흡(Rest_M)을 수행하였고, 영어 대본을 사용한 청각언어 자극이 주어지는 상황에서 비강(Eng_N) 및 구강 호흡(Eng_M)을 수행하였다. 각각의 뇌파는 뇌의 기능별로 크게 4 구역(R1~R4)으

※ 본 연구는 2015년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원(No. 2015R1C1A1A02036462) 및 교육부 대학특성화 사업(CK)의 지원을 받아 수행된 연구임(No. NRF-2014H1C9A2A02024284).

† 교신저자: 강창기 (가천대학교 보건과학대학 방사선학과)

E-mail : ckkang@gachon.ac.kr

TEL : 032-820-4110

FAX : 032-820-4449

로 나뉘어 FFT (Fast Fourier Transform)을 통해 각각의 채널별(e.g., Pfl and Pf2) 및 주파수 대역별(α , β , γ , θ)로 절대 파워(Absolute Power) 비율을 살펴보았다. 도출된 결과에서는 Rest_N과 Rest_M 상태의 뇌파는 서로 유의미한 차이를 보이지 않았다. 비강 호흡 수행 중 청각언어자극이 주어졌을 때(Rest_N/Eng_N)의 뇌파를 비교했을 경우, 뇌파의 활동이 휴지기 상태의 뇌파 활동보다 통계적으로 유의미하게 높은 것으로 나타났다. 하지만 같은 조건상에서 구강 호흡을 했을 때(Rest_M/Eng_M)는 비강 호흡을 실시했을 때와 달리 대부분의 뇌 구역과 주파수 대역에서 유의미한 차이가 나타나지 않았다. 동일한 조건의 자극에도 불구하고 구강 호흡을 하는 경우는 뇌기능의 변화가 비강 호흡과 다른 결과를 나타내었다.

주제어: 뇌전도, 호흡, 산소, 뇌기능, 집중력

1. 서론

코골이나 수면무호흡증에 대한 연구가 활발히 진행되고 있는 반면, 이러한 증상들의 원인들 중 하나 이면서 이러한 습관의 결과로 나타나는 증상인 구강 호흡의 부작용에 대한 연구는 다소 미비한 상황이다 (Gleeson et al., 1986). 만성 호흡기 질환자 90%가 자신도 모르게 구강 호흡을 하고 있으며, 이는 구강 호흡을 할 때 코털과 섬모와 같은 여과장치가 없어 세균 감염이나 천식, 비염 등에 취약하기 때문이라고 알려져 있고, 구강 호흡이 얼굴과 혀의 근육 형태와 안면 골격에 부정적으로 심각한 영향을 미치며 건강의 악화를 일으킨다는 정도만 알려져 있다(Paul & Nanda, 1973). 또한, 구강 호흡을 하게 되면 입으로 들어가는 공기의 흐름을 원활하게 하기 위하여 머리와 목의 위치를 변경하게 되기 때문에 결국 인두의 형태 변형을 야기할 수도 있다(Chung & Beltri, 2014). 성장기 아동의 경우, 습관화된 구강 호흡으로 인해 인중 부분이 길어지고 턱은 좁아지며 아래턱뼈가 후방으로 치우치는 아데노이드 말상과 같은 안면 발달 장애나 치아 부정 교합을 겪을 수 있다(Bresolin et al., 1984). 지속적인 구강 호흡은 코골이 및 수면 중 무호흡증을 야기할 수 있고 얇은 수면으로 이어지며, 이로 인한 성장 호르몬의 불균형은 발육과 성장을 더디게 만들고 집중력 저하 및 학습 부진을 초래할 수 있다(Marcus, 2001). 또한, 구강 호흡을 하게 될 경우, 비강 호흡을 했을 때 보다 혈중산소포화도의 수치가 낮아지며, 낮아진 혈중산소포화도로 인해 심박동수가 높아질 수 있다(Chung et al., 2006; Daly & Bondurant, 1962; Gould et al., 1986).

이런 다양한 부작용에도 불구하고, 기존의 구강 호흡에 대한 연구들은 인간의 행동 및 신체적인 변화와 그에 따른 질병, 즉 현상에만 집중을 하고 있어서 습관적이고 만성적인 구강 호흡이 뇌기능에 미치는 부정적인 영향에 대한 기전 연구는 전무한 상황이다. 특히, 구강 호흡을 하는 성장기 아동들이 자주 호소하는 집중력 및 기억력 저하로 인한 학습 부진과 행동 발달 장애의 원인에 대한 근원적인 원인 파악이 이루어지지 못하고 있다. 이에 따라 본 연구는 뇌전도를 통해 구강 호흡이 뇌에 어떤 영향을 미치는지를 연구하고, 청각언어자극을 이용하여 구강 호흡이 뇌파의 변화와 어떠한 관련이 있는지에 대해 알아보하고자 한다.

2. 실험 방법 및 분석

실험에는 대학생들로 구성된 보통 수준의 영어 능력을 가진 총 12명의 신체가 건강한 피험자(남성: 6명, 여성: 6명, 나이: 21~27세, 비흡연자)가 자발적으로 참여하였으며 본 실험은 가천대학교 생명윤리심의위원회(IRB) 승인을 받고서 진행하였다. 실험을 시작하기 전, 피험자는 실험의 목적과 내용에 대한 설명을 충분히 듣고 실험 동의서를 작성하였다.

피험자의 심박동수(beats per minute: bpm)와 혈중산소포화도(pO_2)의 변화를 관측하여 호흡 방법에 따른 생리적인 변화를 분석하고자 하였다. 이를 위하여 심박동수를 동시에 측정할 수 있는 Oxymeter (MD300C26, ChoiceMMed)를 사용하였다. MD300C26는 데이터 저장 기능이 없기 때문에 실시간 관찰을 위하여 캠코더를 이용하여 심박동수와 혈중산소농도를 휴지기 상

태(Resting state) 및 청각언어자극 수행 중에 관찰 및 기록하였다.

모든 피험자에게 동일한 환경으로 실험이 이루어질 수 있도록 실험실 온도와 습도를 조절하였고, 온도습도 측정계를 통하여 실험 전후의 온도와 습도를 측정하였다(평균온도: 23.2 ± 1.9 oC, 평균습도: $43.3 \pm 8.8\%$).

뇌전도 데이터는 LAXTHA의 QEEG-32 (32channel, 256Hz sampling rate)를 이용하였고, 전극은 10-20 system을 기준으로 두피에 부착해 측정하였다. 데이터 측정 및 분석 프로그램은 LAXTHA의 Telescan을 이용하였다. 구강 호흡 조건의 경우, 실험을 시작하기 전, 피험자로 하여금 구강 호흡 유도기(EveNoseClipPK10, Zone Medical)를 착용하게 하여 구강 호흡 훈련을 10분간 하게 하였다. 휴지기와 청각언어자극 중 비강호흡과 구강호흡간의 뇌파 차이 및 변화를 관측하기 위하여 실험은 아래와 같이 구성하였다.

2.1. 뇌파 측정

2.1.1. 휴지기 상태의 뇌파 측정

피험자는 전극을 부착한 채 최대한 편안한 상태에서 눈을 감고 5분씩 비강 호흡과 구강 호흡을 수행하였다. 호흡하는 동안 각각의 뇌파를 측정하였다. 이때 외부 청각 자극에 대한 변수를 제거하고 잡음을 차단하기 위하여 귀마개를 착용하였다. 자극 사이에는 1분간의 쉬는 시간을 두어 다음 자극에 대한 준비를 진행하였다. 즉, 각각의 호흡 수행 이전에 1분간 해당 호흡을 미리 수행하도록 하였다.

2.1.2. 청각언어자극 수행 중의 뇌파 측정

청각언어자극은 일반인에게 자료 사용이 허가된 ItalyGuide.it (<http://www.italyguides.it/en/>)의 영어 대본(English audio)을 청각언어자극으로 사용하였다. 청각언어자극의 내용이 피험자로 하여금 익숙하거나 쉽게 느껴지면 그에 따른 기억이나 회상과 같은 변수가 발생할 수 있기 때문에 흔하게 접할 수 없는 해외의 건축물에 대한 설명을 내용으로 선별하였으며, 건축물의 외관에 대한 설명이 주어졌을 경우, 피험자로 하여금 건축물을 상상하게 만들어 시각 중추가 활성화

될 가능성이 있기 때문에 건축물의 외형보다 역사에 초점을 맞춘 것으로 선택하였다. 피험자에게 청각언어자극을 들려줄 때에는 Superlab5 (Cedrus)를 사용하였다. 피험자는 눈을 감은 상태에서 이어폰을 통해 청각언어자극을 들으며 비강 호흡 또는 구강 호흡을 하였으며 청각언어자극의 내용과 호흡 방법은 무작위로 선택되었다. 한 번의 뇌파 측정이 끝날 때 마다 피험자는 청각언어자극의 내용에 관련된 문제와 구강 호흡을 수행함으로써 생기는 불편함(매우 편함: 1 ~ 매우 불편함: 10)에 대한 설문지를 약 1분간 작성하였다. 청각언어자극 문제는 자극에 대한 집중력을 높이기 위한 목적으로만 사용되었고, 정답률이 거의 100%가 될 수 있도록 만들어졌으며, 집중력과 이해력 등을 평가하기 위한 목적으로 사용되지는 않았다.

2.2. 뇌파 데이터 분석

각각의 뇌파 데이터는 Telescan에서 제공하는 고속푸리에변환(fast Fourier transform: FFT)을 적용하여 θ (Theta: 4 Hz~8 Hz), α (Alpha: 8 Hz~13 Hz), β (Beta: 13 Hz~30 Hz), γ (Gamma: 30 Hz~50 Hz)의 절대 파워(Absolute Power) 분포 차이를 분석하고자 하였다(Table 1). 수면파인 δ (Delta)파의 0.1 Hz~4 Hz 주파수 대역은 눈 깜빡임이나 안면 근육의 움직임 등

Table 1. Brain waves and their functions

Brain wave	Frequency range (Hz)	Explanation
δ (Delta)	0.1Hz~4Hz	Appear during the NREM sleep and death, decrease across the lifespan.
θ (Theta)	4Hz~8Hz	Appear during the REM sleep, associated with concentration and memory.
α (Alpha)	8Hz~13Hz	Appear during wakeful relaxation with closed eye at the occipital lobe.
β (Beta)	13Hz~30Hz	Associated with normal waking consciousness, thinking and active concentration.
γ (Gamma)	30Hz~50Hz	Associated with high consciousness.

의 생체 신호에 의한 잠음에 쉽게 영향을 받기 때문에 제외하고 분석하였다(Zhou & Gotman, 2005).

2.2.1. 주파수별/뇌 구역별 분리 분석

인체에서 주요한 기능을 하고 있는 대뇌는 전두엽, 두정엽, 측두엽, 후두엽 등으로 나뉠 수 있고 각각의 영역은 다양한 기능들을 수행하고 있다. 이들의 기능을 간략히 살펴보면, 대뇌의 앞쪽에 위치한 전두엽은 집중, 단기 기억, 계획, 선택 등의 고차원 행동에 관여하며, 대뇌의 중심 부분인 두정엽은 운동과 감각 연합 영역으로 운동과 촉감에 관여하고 특히 팔과 손 그리고 안구 운동을 조절한다. 대뇌의 양 옆에 위치하는 측두엽은 시각 기억 그리고 언어의 이해와 감정 연산을 조절하고, 뒤통수에 위치한 후두엽은 주요 시각 중추로 시각 정보를 처리한다. 뇌파 측정을 위해 32개의 전극을 전두엽(R1 그룹: Fp1, AF3, F7, F3, Fp2, AF4, F4, F8), 두정엽(R2 그룹: FC1, C3, CP1, FC2, C4, CP2), 측두엽(R3 그룹: FC5, T7, CP5, FC6, T8, CP6), 후두엽(R4 그룹: P7, P3, PO3, O1, O2, PO4, P4, P8), 총 4개의 구역으로 나누어 δ 파를 제외한 모든 주파수(4 Hz~50 Hz)의 변화를 호흡에 따른 차이 및 청각언어자극에 의한 차이로 비교 분석하였다(Fig. 1).

또한, 이들 데이터를 각각의 주파수 대역별(θ , α , β , γ) 및 구역별(R1, R2, R3, R4)로 휴지기상태에서의 호흡 및 외부 청각언어자극간의 유의미한 연관성이 있는지 살펴보았다.

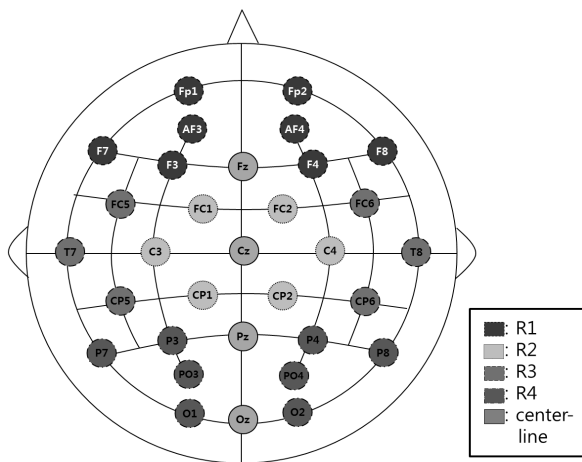


Fig. 1. Classification of brain regions (R1, R2, R3, R4)

2.3. 통계 분석

휴지기 상태 및 청각언어자극이 주어졌을 때 비강 호흡과 구강 호흡의 차이를 보기 위하여 12명의 데이터를 휴지기 상태에서의 비강 및 구강 호흡 비교 (Rest_N/Rest_M), 휴지기 상태와 청각언어자극 간의 비강 호흡 비교(Rest_N/Eng_N) 그리고 같은 조건의 구강 호흡 비교(Rest_M/Eng_M) 총 3가지의 조건으로 나누어 통계적 유의미성을 살펴보았다. 통계방법은 뇌파의 절대 파워(Absolute Power) 비율을 변수로 사용하여 Shapiro-Wilk 정규성 검정을 수행하였고, Paired t-test를 이용하여 조건 간에 유의미한 차이를 보이는지 검정을 하였다. 통계적 유의수준은 $p < 0.05$ 로 정하였고 SPSS 23.0을 사용하여 분석하였다.

3. 결과 및 결론

3.1. 혈중산소포화도 및 심박동수

Table 2는 피험자들의 혈중산소포화도(pO2)와 심박동수(beats per minute: bpm)의 평균과 표준편차를 나타낸 것이다. 청각언어자극이 주어졌을 때가 휴지기 상태에서 보다 혈중산소포화도와 심박동수가 호흡별로 조금씩 증가한 것을 보여주고 있으나 그 차이는 미비하였으며, 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(ANOVA, pO2: $p=0.631$, bpm: $p=0.922$). 이러한 결과는 노력이 요구되는 인지 처리 수행 시 혈중산소포화도의 감소나 심박동수와 호흡이 증가한다고 하는 기존의 연구를 반영하지는 못하였다(Chung & Lim, 2008). 하지만, 이와 같은 결과는 본 연구에서 사용된

Table 2. pO2 and bpm values of Nose/Mouth breathing; N, Nose; M, Mouth

	pO2	BPM
Rest_N	97.33±0.62	71.21±11.2
Rest_M	97.13±0.71	72.17±10.97
Eng_N	97.38±0.83	72.21±8.20
Eng_M	97.50±0.77	72.17±8.93

자극들이 노력이 요구되는 인지 자극의 수준이 아니라
 라는 것과, 휴지기 상태에서의 구강 호흡이 혈중산소
 포화도의 변화를 야기할 정도의 자극으로 작용하지
 는 않았다는 것을 나타낸다. 또한, 기존의 연구와는
 달리 자극 방법이나 자극 수준 차이로 인하여 다른
 결과가 나타날 수 있으므로 향후 연구에서도 고려되
 어야 할 필요가 있다.

3.2. 뇌 구역별 분석 결과

각각의 대뇌 구역(R1, R2, R3, R4)에 대한 3가지의
 조건들(Rest_N/Rest_M, Rest_N/Eng_N, Rest_M/Eng_M)
 에서 4 Hz~50 Hz 주파수대역 전체에 대한 EEG 변
 화를 분석한 결과는 다음과 같다. 첫 번째 조건인
 Rest_N/Rest_M는 모든 대뇌 각 구역별로 유의미한
 결과가 나타나지 않았다. 구강 호흡이 대상자들을 다
 소 불편하게 할 수는 있었겠지만, 휴지기 상태의 뇌
 에는 크게 영향을 끼치지 않은 것으로 판단된다(불편
 함: 비강호흡, 1.45±0.9, 구강호흡, 5.73±2.6, $p<0.001$).

Rest_N/Eng_N에서는 R3와 R4 구역에서, Rest_M/
 Eng_M에서는 R1 구역에서 유의미한 차이가 나타난
 것을 알 수 있었다(Fig. 2). Rest_N/Eng_N의 R3와 R4
 는 각각 측두엽과 후두엽에 해당되며 측두엽은 언어
 를 이해하려 할 때 그 활동성이 두드러지는 것으로
 알려져 있다(Bar et al, 2006). 특히 R3와 R4 구역 모
 두 청각언어자극이 주어졌을 때가 휴지기 상태의 뇌
 파보다 더 높기 때문에 언어 이해와 관련하여 뇌파의

활동이 큰 것으로 추측해 볼 수 있다. 후두엽의 경우
 는 흔히 시각 정보를 처리하는 것으로 알려져 있지만
 기억 체계에도 관여한다는 연구가 있다(Gabrieli et al.,
 1995). R1 구역은 전두엽에 해당하며 단기 기억 및 집
 중 등 고차원의 행동에 관여하는데, Rest_M/Eng_M 조
 건에서 청각언어자극이 주어졌을 때의 뇌기능이 휴지
 기 상태의 뇌기능보다 높은 것을 확인할 수 있었다. 본
 실험에서 사용된 청각자극의 결과를 통해 살펴보면 청
 각언어자극은 고차원의 기억력이나 집중력을 요구하는
 수준이 아닌 것으로 보여졌으나(Rest_N/Eng_N), 그럼
 에도 불구하고 전두엽이 활성화되는 결과가 나타났
 다(Rest_M/Eng_M). 이러한 결과들로 볼 때, 청각언
 어자극과 같은 일정 수준의 인지력 및 집중력을 요구
 하는 자극이 주어졌을 때 측두엽과 후두엽에서 휴지
 기 상태보다 뇌기능이 다소 높아지는 것이 일반적인
 반응이라고 여겨지지만(Posner et al, 1988), 구강 호
 흡을 하는 경우는 동일한 조건의 자극에도 불구하고
 뇌기능의 변화가 비강 호흡을 할 때의 변화와 다른
 것을 보여주고 있다.

3.3. 주파수별/채널별 분석 결과

Rest_N/Rest_M의 조건에서는 대역별 및 영역별로
 유의미한 차이를 보이고 있지 않았다. 이는 Rest_N/
 Rest_M의 조건에서 뇌의 구역별 분석이 의미 있는
 결과를 보이지 않은 것처럼 주파수 대역별 분석 결과
 에서도 구강 호흡은 휴지기 상태의 뇌에 큰 영향을

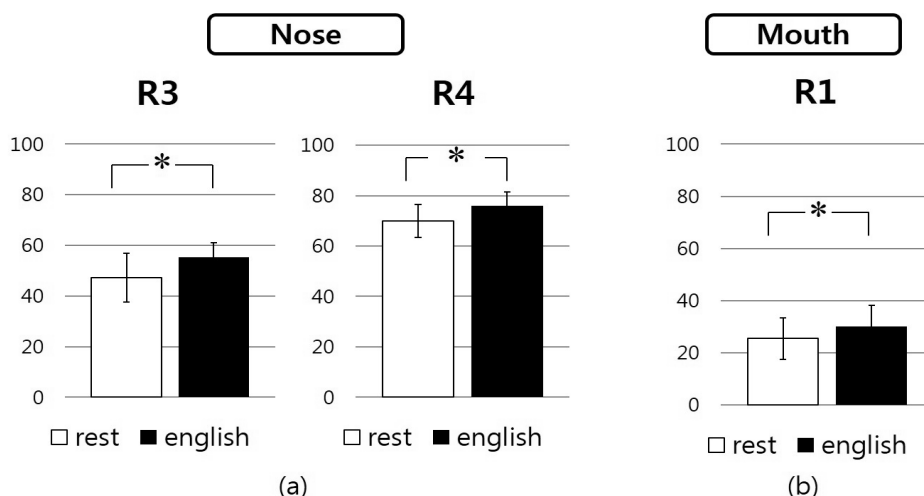


Fig. 2. Difference between rest and English tasks in the brain regions; * $p<0.05$

끼치지 않는다고 판단할 수 있다. 이는 생리적(pO2 및 심박동수) 변화와도 일치하는 결과이다.

두 번째 조건인 Rest_N/Eng_N에서는 α 파의 C3, P7, CP6 및 F4 그리고 β 파의 P7, P3, PO3 및 FC6에서 유의미한 결과를 보였으며(Fig. 3), θ 파의 T7과 F4에서 유의미한 결과를 보였다(Fig. 4(a)). 일반적으로 일정 수준의 집중력과 기억력을 요구하는 외부 자극에 의해서 일어날 수 있는 것과 같이 Rest_N/Eng_N의 조건에서 α 파와 β 파의 활동이 큰 것을 확인할 수 있었다. 특히 β 파 같은 경우 후두엽과 두정엽에서 자극 동안의 뇌파가 휴지기 상태의 뇌파 평균보다 유의미하게 높은 것을 확인할 수 있었다. θ 파의 경우는 Rest_N와 Eng_N를 비교했을 때 측두엽과 전두엽에서 그 차이를 볼 수 있었다. 특히, Eng_N의 θ 파 절대값 평균이 더 높은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 후두엽과 두정엽에서의 β 파 증가는 집중력과 주의력 증진과 관련이 있으며(Marzbani et al., 2016), 전두엽에서 θ 파의 증진이 기억력 향상과 관

련이 있다(Jensen & Tesche, 2002).

구강 호흡 시에는 비강 호흡을 했을 때보다 뇌에 공급되어지는 산소량이 상대적으로 적어지게 되고 이로 인해 집중력 및 기억력과 같은 뇌 기능 수행에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Morton et al., 1995). 이러한 기존 연구는 세 번째 조건인 Rest_M/Eng_M에서는 θ 파의 PO3 그리고 O1에서 나타난 유의미한 결과에서 확인할 수 있었다(Fig. 4(b)).

본 연구 결과와 같이 호흡의 방법에 따라 다른 뇌 구역에서 활동량이 증가하거나 감소하는 것으로 나타난 것은 구강 호흡이 뇌기능에 미치는 영향이 비강 호흡이 미치는 영향과는 다를 것이라는 반증을 의미한다. 즉, 비강 호흡 시에 청각언어자극과 관련된 뇌파와 뇌의 구역이 구강 호흡 시에는 나타나지 않는다는 것은 같은 조건의 외부 자극이 주어졌을 때 일반적으로 뇌기능이 변화하는 것은 같을 수 있지만, 구강 호흡 시에 변화하는 뇌기능은 외부 자극과 관련되어 나타날 수 있는 효율 측면에서는 재고가 필요하리라 생각된다.

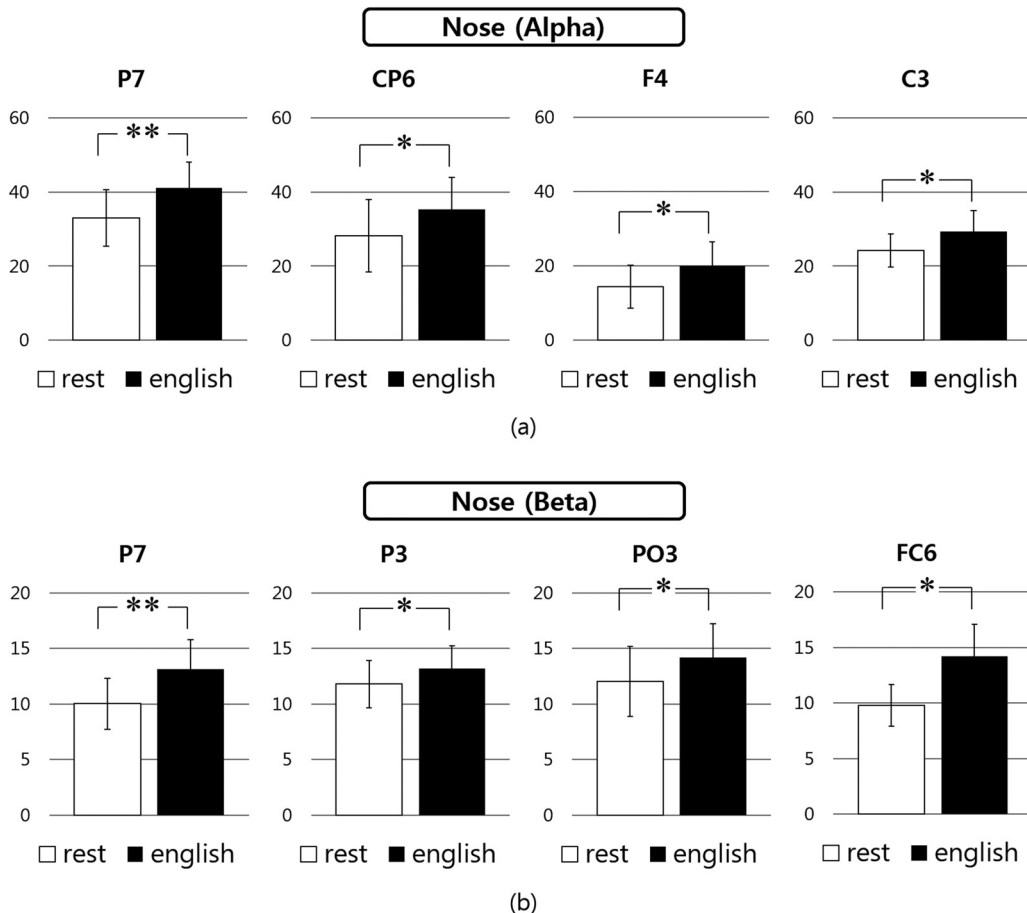


Fig. 3. Difference between brain waves in the EEG channels; * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$

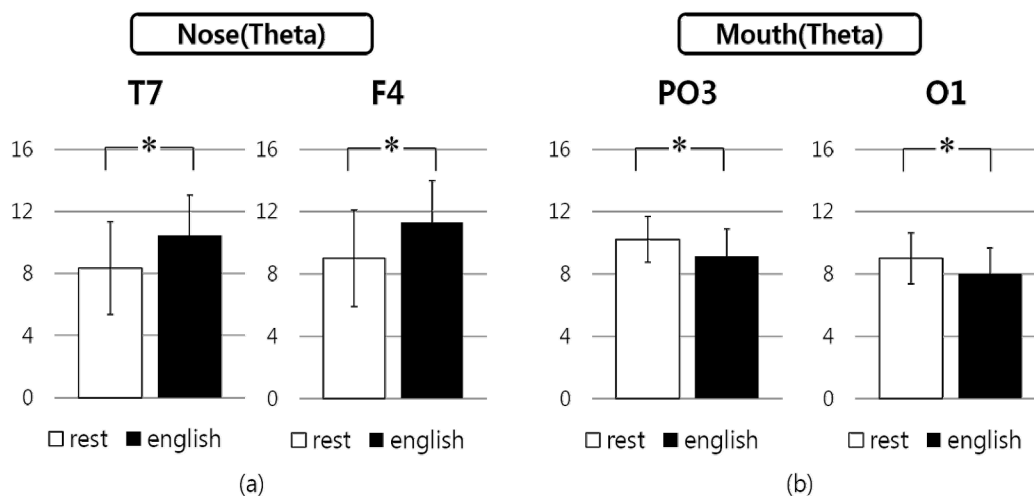


Fig. 4. Difference of theta wave between Rest_N/Eng_N and Rest_M/Eng_M; * $p < 0.05$

4. 고찰

본 연구는 구강 호흡이 뇌기능에 미치는 영향을 뇌전도를 이용하여 관측한 첫 시도로서 의미가 있다. 비강 호흡과 구강 호흡 간의 뇌기능의 차이를 뇌전도를 통해 알아본 본 연구에서 휴지기 상태와 청각언어 자극이 주어진 상태를 비교한 결과, 비강 호흡 시 두 조건(휴지기 상태와 자극)에서 많은 구역과 주파수 대역에서 유의미한 차이를 보이는 것과는 달리 구강 호흡을 실시했을 때에는 두 조건에서 상대적으로 유의미한 차이가 거의 나타나지 않았다. 이러한 상반된 결과를 통해 구강 호흡이 외부 자극에 따라 다른 반응을 유발할 수 있고, 뇌기능의 변화에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. 본 연구에서 흥미로운 점은 유의미한 차이를 보인 뇌 구역과 주파수 대역 중 다수가 집중력 및 기억력과 관련되어 있다는 것이다. 향후 충분한 실험 데이터와 정교한 실험 설정을 통해 호흡의 방법에 따른 집중력 및 기억력 증감의 연관성에 대해 좀 더 세밀히 고찰할 필요가 있다.

또한, Rest_N/Eng_N 비교 중 유일하게 T7에서 Eng_N의 α 파가 감소하는 모습을 보였는데(Rest_N: 15.5 ± 3.8 , Eng_N: 11.6 ± 4.0 , $p < 0.01$), 이러한 결과에 대해 보다 적절한 해석을 위해 보완적인 분석이나 연구가 수행되어야만 한다. 뿐만 아니라 일시적인 구강 호흡의 영향에만 국한된 실험 방식이 아닌 만성적인 구강 호흡에 대한 영향에 대한 연구도 필요하다.

REFERENCES

- Bar, M., Kassam, K. S., Ghuman, A. S., Boshyan, J., Schmid, A. M., Dale, A. M., & Halgren, E. (2006). Top-down facilitation of visual recognition. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *103*(2), 449-454.
- Bresolin, D., Shapiro, G. G., Shapiro, P. A., Dassel, S. W., Furukawa, C. T., Pierson, W. E., Chapko, M., & Bierman, C. W. (1984). Facial characteristics of children who breathe through the mouth. *Pediatrics*, *73*(5), 622-625.
- Chung, S. C. & Lim, D. W. (2008). Effect of highly concentrated oxygen administration on addition task performance and physiological signals. *Science of Emotion and Sensibility*, *11*(1), 105-112.
- Chung, S. C., You, J. H., Yi, J. H., & Sohn, J. H. (2006). Influence of 30% oxygen on heart rate and SPO2 during cycle exercise in healthy subjects. *Science of Emotion and Sensibility*, *9*(1), 1-7.
- Chung Leng Muñoz, I. & Beltri Orta, P. (2014). Comparison of cephalometric patterns in mouth breathing and nose breathing children. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, *78*(7), 1167-1172.
- Daly, W. J. & Bondurant, S. (1962). Effects of oxygen breathing on the heart rate, blood pressure, and cardiac index of normal men - resting, with reactive

- hyperemia, and after atropine. *Journal of Clinical Investigation*, 41(1), 126-132.
- Gabrieli, J. D. E., Fleischman, D. A., Keane, M. M., Reminger, S. L., & Morrell, F. (1995). Double dissociation between memory systems underlying explicit and implicit memory in the human brain. *Psychological Science*, 6(2), 76-82.
- Gleeson, K., Zwillich, C. W., Braier, K., & White, D. P. (1986). Breathing route during sleep. *American Review of Respiratory Disease*, 134(1), 115-120.
- Gould, G. A., Forsyth, I. S., & Flenley, D. C. (1986). Comparison of two oxygen conserving nasal prong systems and the effects of nose and mouth breathing. *Thorax*, 41(10), 808-809.
- Hasselmo, M. E. (2005). What is the function of hippocampal theta rhythm?—linking behavioral data to phasic properties of field potential and unit recording data. *Hippocampus*, 15(7), 936-949.
- Jensen, O. & Tesche, C. D. (2002). Frontal theta activity in humans increases with memory load in a working memory task. *European Journal of Neuroscience*, 15(8), 1395-1399.
- Marcus, C. L. (2001). Sleep-disordered breathing in children. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 164(1), 16-30.
- Marzbani, H., Marateb, H., & Mansourian, M. (2016). Methodological note: neurofeedback: a comprehensive review on system design, methodology and clinical applications. *Basic and Clinical Neuroscience Journal*, 7(2), 143-158.
- Morton, A. R., King, K., Papalia, S., Goodman, C., Turley, K. R., & Wilmore, J. H. (1995). Comparison of maximal oxygen consumption with oral and nasal breathing. *Australian Journal of Science and Medicine in Sport*, 27(3), 51-55.
- Paul, J. L. & Nanda, R. S. (1973). Effect of mouth breathing on dental occlusion. *The Angle Orthodontist*, 43(2), 201-206.
- Posner, M. I., Petersen, S., Fox, P., & Raichle, M. (1988). Localization of cognitive operations in the human brain. *Science*, 240(4859), 1627-1631.
- Zhou, W. & Gotman, J. (2005). Removing eye-movement artifacts from the EEG during the intracarotid amobarbital procedure. *Epilepsia*, 46(3), 409-414.

원고접수: 2016.07.06

수정접수: 2016.07.26

게재확정: 2016.08.03